

# **Approvvigionamento della risorsa idrica: analisi tecnico-economica per la prevenzione della desertificazione a Licata**

*M. Pizzichini\*, M. Sciortino\*, C. Russo\**,

\* ENEA (Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente), Centro Ricerche Casaccia, Via Anguillarese 301, 00060 Roma, Italy.

## Sommario

Nella Sicilia meridionale, di cui il Comune di Licata costituisce un sito climatico e socio-economico molto rappresentativo, la grave carenza idrica, e la crescente salinità dei suoli e delle fonti idriche primarie (mare, fiumi, pozzi) sono la causa del rischio di desertificazione. Lo studio è stato elaborato sulla base di un'analisi socio-economica, seguita da una ricognizione tecnica sulla disponibilità di fonti idriche primarie, al fine di fornire i quantitativi d'acqua necessari per uso potabile ed agricolo.

Sono state indicate soluzioni tecniche di depurazione delle acque reflue e del fiume Salso al fine di assicurare, a regime, almeno 10.000 m<sup>3</sup>/giorno di acque idonee all'uso agricolo ed un uguale quantitativo di acqua potabile a partire da quella del mare.

Sono state fornite le specifiche tecniche degli impianti, le stime indicative dei loro costi, I costi di produzione delle due tipologie d'acqua e gli eventuali prezzi di vendita dell'acqua, anche nell'ipotesi che un soggetto privato si faccia carico dell'iniziativa (costruzione, gestione, distribuzione).

## 1. L'acqua come fattore di sviluppo

L'acqua è un bene comune indispensabile per la sopravvivenza degli esseri viventi, è una risorsa finita che condiziona sempre di più lo sviluppo economico e sociale dell'uomo, come è stato ampiamente sottolineato dalla Conferenza Mondiale di Johannesburg (Agosto 2002). Per sostenere la crescita della popolazione mondiale che ha già superato i 6 miliardi di individui, l'umanità deve fare i conti con lo sviluppo industriale all'interno di un forte incremento delle condizioni socio economiche.

La WHO (World Health Organization) ha valutato che il consumo di 1.000 m<sup>3</sup>anno<sup>-1</sup> d'acqua per persona, costituisce il limite al di sotto del quale è impossibile avere uno sviluppo economico e garantire la salute e il benessere delle persone.

Il 97,5% della riserva totale d'acqua sul pianeta è salata, solo il 2,5% è acqua dolce, di cui il 70% è congelata nelle calotte polari, mentre il rimanente 30% è dispersa in giacimenti sotterranei non sempre utilizzabili dall'uomo. Il problema della scarsità della risorsa idrica è talmente importante che è posto al centro dei programmi di ricerca di tutto il mondo. Le Regioni del nostro meridione soffrono da sempre la carenza d'acqua soprattutto nelle stagioni estive, ma il problema è ancora più urgente nei Paesi del Sud Mediterraneo. I dati relativi alla disponibilità idrica presente e futura (fino al 2025) nei paesi del mediterraneo sono riportati nella referenza (1,2). Essi dimostrano una preoccupante riduzione delle risorse idriche disponibili, che in trenta anni (1960-1990) sono più che dimezzate. Situazioni critiche (quantità medie disponibili intorno a mezzo m<sup>3</sup>/giorno di acqua per persona) sono già presenti nel 1990 in 4 Paesi (Libia, Malta, Arabia Saudita ed Yemen), per divenire 7 nelle proiezioni del 2025 (ai Paesi già menzionati si aggiungono Giordania, Siria ed

Emirati Arabi). Comunque, nelle previsioni per il 2025, solo 6 Paesi su 17 avranno una disponibilità media di oltre un m<sup>3</sup> al giorno per persona, comprese le acque per uso agricolo.

## 2. Le tecnologie di membrana

Depurare e riciclare le acque, o produrre acqua potabile dal mare o da pozzi d'acqua salmastra diventa un'operazione relativamente semplice ed economica se s'impiegano tecnologie pulite, come quelle separative a membrana, già largamente consigliate dall'EPA (Environmental Protection Agency) ed applicate su grandi scale produttive.

Queste tecnologie (ultrafiltrazione, microfiltrazione, nanofiltrazione ed osmosi inversa) si caratterizzano per un'altissima efficienza separativa (a livello molecolare), consentono il recupero delle correnti separate (permeato e concentrato), non generano sottoprodotti, operano a temperatura ambiente ed hanno costi energetici contenuti (3).

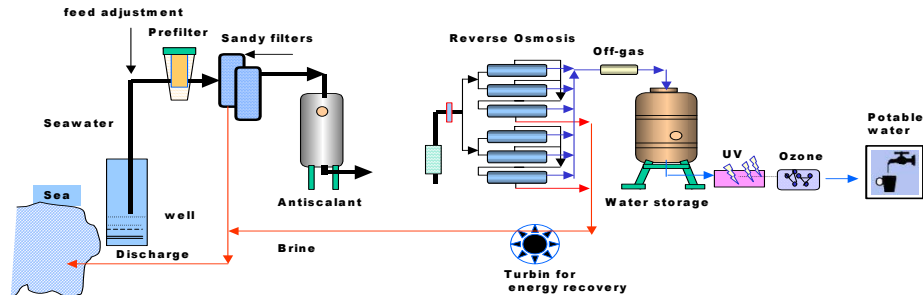
L'impiego, ad esempio, delle tecniche di micro e ultrafiltrazione, dopo il trattamento biologico delle acque civili e industriali, consente di rimuovere microrganismi anche patogeni e sostanze organiche disciolte. Si ottiene così un'acqua depurata di notevole interesse applicativo. Il contenuto salino di alcuni effluenti caratterizzati da sostanze nutrienti per il terreno (ammonio, nitrati, fosfati, potassio, magnesio, etc.) può essere compatibile e utile per l'agricoltura (4). Tutto ciò riguarda la razionalizzazione delle risorse idriche esistenti, ma è dal mare che possiamo ottenere nuova linfa vitale.

## 3. La dissalazione per osmosi inversa

Gli impianti di dissalazione impiegano processi termici o di osmosi inversa (5). L'osmosi inversa (OI) trova già applicazioni importanti in molti paesi, come l'Arabia Saudita, gli Emirati, gli USA, il Giappone, la Spagna etc. (6). L'OI è una tecnica separativa basata sull'impiego di membrane (filtri polimerici molto selettivi) che sotto la spinta idraulica (40-70 bar) lasciano permeare solo le molecole d'acqua, trattenendo quantitativamente (99,8%) i sali minerali. I grandi impianti di OI, con produttività delle decine di migliaia di m<sup>3</sup>/giorno, hanno un consumo energetico di circa 2-5 kWh/m<sup>3</sup> d'acqua prodotta (7), mentre quelli piccoli, intorno ai 1.000 m<sup>3</sup>/giorno, hanno un consumo medio di 7 kWh/m<sup>3</sup>. In figura 1 si riporta uno schema di processo di potabilizzazione con tecniche di osmosi inversa.

Gli impianti di OI che producono acqua potabile dal mare sono costituiti da tre sezioni: una di prelievo e pretrattamento chimico-fisico, una di OI e una di raffinazione del prodotto. Il pretrattamento consiste nel rimuovere depositi sabbiosi o silicei nell'acqua di mare, usando filtri meccanici e a sabbia, e nel prevenire la formazione di precipitati, in particolare solfati di calcio, silice, carbonati che sono pericolosi per i processi a membrana e per quelli evaporativi. Infatti, i solfati (prevalentemente quelli di calcio) precipitano, soprattutto a caldo, incrostando gli evaporatori, ma anche le membrane. Additivi chimici complessanti (polifosfonati e policarbonati) vengono aggiunti all'acqua di mare in concentrazioni dell'ordine dei 2 mg/L per evitare la formazione di sali insolubili (8).

**Figura 1. Schema di un processo di potabilizzazione con osmosi inversa**



Il processo di OI viene ormai condotto solo con membrane spiralate, assemblate idraulicamente in funzione della natura dell'acqua di alimento e delle specifiche del prodotto. La raffinazione del permeato si effettua impiegando materiali adsorbenti, come il carbone attivo, per rimuovere tracce di sostanze organiche non trattenute quantitativamente dalle membrane (idrocarburi, tensioattivi, metalli pesanti in ultratracce). L'acqua prodotta in OI è praticamente sterile, priva di carica batterica e verosimilmente di virus, ma proprio per questa ragione è facilmente inquinabile da batteri presenti nell'aria, nelle tubazioni, nelle cisterne di stoccaggio e nell'ambiente.

E' necessario quindi aggiungere all'acqua conservanti chimici come il cloro o trattare con l'ossigeno in forma d'ozono, oppure impiegare altre tecnologie di bonifica microbica come i raggi ultravioletti, per garantirne i requisiti di potabilità ad elevato standard sanitario.

Nei grandi impianti industriali è presente una sezione destinata al recupero energetico dall'effluente concentrato tramite turbina. Infatti, oltre il 60-70% dell'acqua prelevata, viene rigettata come salamoia in mare, ad una pressione ancora molto elevata, e grazie all'impiego di turbine si possono ottenere recuperi di energia fino a circa il 50%. In tal modo è possibile ridurre i costi di produzione, con extracosti d'impianto modesti (9). Si calcola che il mercato mondiale degli impianti di dissalazione raggiungerà 72 miliardi di € nei prossimi 20 anni e, solo nei prossimi 5 anni, saranno investiti circa 10,3 miliardi di €, cui corrisponderà un incremento della produzione di oltre 5 milioni di m<sup>3</sup>/giorno.

Oltre il 43% della produzione mondiale di acqua dissalata è concentrata nei Paesi del Golfo (Arabia Saudita, Emirati Arabi, Kuwait, Qatar, Bahrein, Oman) a fronte di una popolazione complessiva che non raggiunge neanche i 30 milioni.

In alcuni Paesi (Malta, Emirati Arabi, Bahrein, Kuwait, Arabia Saudita, ecc.) la quasi totalità delle acque dolci disponibili sono prodotte con impianti industriali di dissalazione, basati sulla distillazione dell'acqua di mare con processi termici e sull'osmosi inversa (10).

I processi di OI sono preferiti in USA, Europa e Giappone, in cui l'emergenza idrica è più recente, lo sviluppo tecnologico è più avanzato, le utenze più frammentate (isole), il costo energetico dei processi più importante e, soprattutto, l'acqua di alimento meno salata (salmastra, di fiume o di oceano).

#### **4. L'impatto ambientale dei dissalatori**

Non possiamo trascurare l'impatto ambientale che i grandi impianti possono avere in relazione alle turbative che essi producono sugli equilibri chimici e biologici dei sistemi marini. Tali effetti dipendono principalmente dalla reimmissione in mare di un'acqua più salata e dallo scarico dei prodotti chimici impiegati nel processo di dissalazione, in particolare da sostanze acide, anti incrostanti e battericide.

E' evidente che l'impatto ambientale dei dissalatori di ogni genere, termici e a membrane, dipende dalle dimensioni degli impianti, dalla composizione chimica dell'acqua di mare e dalle caratteristiche del mare stesso, esempio oceano, Mediterraneo, Mar Nero, etc.

Per il Mediterraneo che è un bacino quasi chiuso, le attenzioni di impatto devono essere particolarmente soppesate, anche in ragione del numero di impianti, e quindi dei volumi di acqua trattati, che interessano l'intero bacino.

In ragione di queste considerazioni d'impatto è preferibile sviluppare impianti medio piccoli di dissalazione, il cui effetto di "disturbo" dei sistemi idrici è notevolmente inferiore.

Queste ed altre considerazioni hanno fatto da premessa allo sviluppo del progetto specifico di Licata.

## **5. Depurazione e riciclo delle acque reflue**

L'acqua dovrebbe essere impiegata in questa scala di priorità: potabile, civile, industriale e agricolo. Impiegare l'acqua potabile per uso agricolo è uno spreco.

Perché si possano recuperare risorse idriche da acque reflue industriali e civili, è necessario sviluppare processi di trattamento e purificazione che evitino gravi problemi sanitari o ambientali. Ad esempio, le acque civili depurate correttamente possono essere impiegate in alcuni settori industriali, come nel raffreddamento d'impianti chimici, per essere successivamente riusate in agricoltura. Spesso l'industria, ma soprattutto l'agricoltura, impiega acque con un grado di purezza eccessivo per l'uso cui sono destinate. Studi condotti dall'ENEA hanno dimostrato che dal siero di caseificazione, considerato un forte inquinante (COD=70.000 ppm), è possibile recuperare tutti i soluti in esso contenuti ed il 60% di un'acqua di estrema purezza e di particolare equilibrio salino, tanto da essere indicata per scopi biomedici (11). Esempi di trattamento e recupero dell'acqua sono stati studiati per il settore conciario (12,13), tessile (14) e per le acque di depurazione (15). Dovrà essere attuata un'attentissima politica di *management* delle risorse idriche disponibili, specialmente nei paesi collocati in zone aride e con scarse risorse idriche e petrolifere. Tutto ciò riguarda direttamente l'Europa e il nostro paese, dove lo spreco d'acqua è diffusissimo in tutti i settori, dal civile, all'agricolo, all'industriale. La Legge Galli (del 5/1/94 n°36) e successive integrazioni normative (152/99, art. 26) sulle disposizioni in materia di risorse idriche, prevede una riduzione del costo delle tariffe idriche a coloro che depurano e riutilizzano l'acqua nei rispettivi comparti produttivi. Queste normative che recepiscono le Direttive Comunitarie (91/271 e 676/CEE) sono importanti, ma bisogna applicarle.

## **6. Il Progetto LICATA**

Nell'estate 2002 la già grave situazione idrica della Sicilia si è ulteriormente aggravata a fronte di una stagione particolarmente siccitosa che si è protratta fino all'autunno.

Questa situazione ha colpito in modo particolare la regione meridionale della Sicilia, di cui il Comune di Licata costituisce un esempio limite, a causa della assoluta mancanza di acqua dolce per usi agricoli e civili. In questo preoccupante quadro di emergenza idrica, il Comune di Licata ha richiesto all'ENEA, nel quadro delle attività in corso sulla lotta alla desertificazione, di elaborare una proposta complessiva che affrontasse il grave problema dell'approvvigionamento idrico. L'ENEA ha risposto alla richiesta del Comune elaborando il presente progetto di massima ed esponendone i punti salienti in un convegno tenutosi a Licata il 15 Maggio 2002. Poiché l'ENEA

per statuto si occupa della realizzazione di impianti pilota e sperimentali, la costruzione del sistema qui proposto e la fornitura di offerte commerciali prescindono dai i suoi obiettivi. Lo scopo del presente lavoro è quindi di indicare alle autorità pubbliche (Comune, Provincia, Regione) l'opzione tecnica più opportuna da realizzare poi attraverso le procedure previste dalla normativa vigente in materia di lavori pubblici.

## **6.1. Quadro socio economico del territorio di Licata**

La città di Licata è situata nella provincia di Agrigento sulla costa meridionale della regione Sicilia. Tutta la fascia costiera agrigentina è caratterizzata da un clima sub-umido secco con precipitazioni annue comprese fra 230 e 639 mm ma anche soggetto a eventi alluvionali che nel passato hanno provocato ingenti danni e perdite umane.

Le condizioni climatiche costituiscono al tempo stesso un vantaggio ed una limitazione per lo sviluppo dell'area poiché le attività produttive agricole da un lato beneficiano temperature medie mensili che oscillano fra i 12 °C del mese di gennaio ed i 26°C del mese di Agosto ma dall'altro soffrono di una cronica insufficienza di acqua per le attività di produzione intensiva che costituisce la maggiore fonte di reddito di Licata.

Il crescente fabbisogno d'acqua dell'agricoltura è stato in passato soddisfatto emungendo la falda freatica ed utilizzando il fiume Salso.

La qualità dell'acqua della falda si è progressivamente deteriorata a causa dell'intrusione dell'acqua di mare mentre l'acqua del fiume che è naturalmente ricca di sali minerali, impone di interrompere periodicamente la produzione per ripristinare un tenore salino dei suoli compatibile con le attività produttive. L'impiego di queste acque non solo limita la produttività delle colture agricole ma provoca anche un significativo rischio di desertificazione. I fabbisogni idrici di Licata e di altri Comuni limitrofi vengono in parte soddisfatti dal dissalatore di Gela e da alcuni invasi destinati a questo scopo<sup>1</sup>.

L'acqua del dissalatore di Gela potrebbe teoricamente soddisfare il 75% dei fabbisogni di questi Comuni, se la rete di distribuzione non fosse soggetta a furti e perdite, che praticamente riducono la disponibilità di acqua a livelli del tutto insufficienti.

Abbiamo valutato che ogni abitante di Licata consuma circa 37 L/giorno, rispetto ad un valore nazionale medio di circa 200 L/giorno. In questa situazione, l'acqua costituisce una risorsa preziosa. La vigente normativa italiana in materia di risorse idriche (Decreto legge 152/99 e legge Galli 36/94), ha stabilito che i fabbisogni civili sono prioritari rispetto agli altri usi. Soddisfare i fabbisogni idrici civili e del settore agricolo costituisce una formidabile sfida non solo per lo sviluppo delle zone aride che rischiano di diventare sempre più economicamente e socialmente marginali ma anche per la lotta alla desertificazione. Per raggiungere tale obiettivo è necessario combinare la costruzione delle grandi opere civili (dighe, invasi, acquedotti) con lo sfruttamento di una risorsa idrica certa e praticamente inesauribile come l'acqua di mare. Entrambe queste opzioni vanno sapientemente integrate per far fronte alle attuali e future esigenze idriche della Sicilia.

---

<sup>1</sup> Il dissalatore di Gela, che produce 500 litri/sec (43.200 m<sup>3</sup>/giorno), fornisce acqua per uso civile ai Comuni di Gela, Niscemi, Palma di Montechiaro, Licata, Canicattì, Campobello, Ravanusa, Agrigento e consorzio Voltano che costituiscono un bacino di utenza di circa 300.000 abitanti che ha un fabbisogno idrico per usi civili stimabile in 60.000 m<sup>3</sup>/giorno.

**Foto 1. Conseguenze della siccità nella Piana di Licata: quello che resta di una coltivazione a carciofi.**



Le nuove opere civili di captazione o quelle che entreranno in funzione, non permetteranno di soddisfare la domanda idrica per l'agricoltura nell'area considerata.

Gli scenari climatici indicano che nel prossimo futuro le precipitazioni potrebbero ulteriormente ridursi, rispetto al passato, e quindi gli attuali invasi rischiano di non essere sufficienti a soddisfare i fabbisogni idrici dell'isola.

Le possibili misure "tecnologiche" di mitigazione ed di adattamento alle nuove condizioni, quali la dissalazione ed il riutilizzo delle acque reflue, dovranno essere integrate con misure di risparmio ed ottimizzazione dell'utilizzo dell'acqua, nonché da altre misure "ambientali" di ripristino della copertura vegetale in una visione integrata della protezione dell'acqua e del suolo necessaria a scongiurare i rischi di desertificazione.

Sarà inoltre necessario programmare le attività produttive in modo compatibile con la qualità e la quantità della risorse naturali esistenti, acqua e suolo, nella consapevolezza che la desertificazione costituisce una minaccia non solo per gli ecosistemi e le attività produttive, ma per la società nel suo complesso.

Attualmente (settembre 2002) la disponibilità idrica per gli abitanti è garantita alcune ore per due giorni la settimana. Gli abitanti accumulano quindi l'acqua in cisterne facendo anche ricorso ad autobotti private che forniscono acqua ad un costo medio che oscilla intorno ai 5 €/m<sup>3</sup>.

La rete idrica idropotabile di Licata è attualmente alimentata dal dissalatore di Gela, dalla captazione di acqua da alcune piccole sorgenti e dagli invasi di accumulo destinati all'uso idropotabile.<sup>1</sup>

Teoricamente l'attuale sistema di approvvigionamento dovrebbe fornire circa 90 litri/secondo (pari a 7.700 m<sup>3</sup>/giorno), mentre la disponibilità attuale è di circa 1.000 m<sup>3</sup>/giorno.

L'acqua fornita dal dissalatore ha attualmente un costo di 1,21 €/m<sup>3</sup>.

Furti d'acqua sulle condutture sono frequenti ed in parte denunciati a dimostrazione che la domanda idrica per uso civile ed agricolo è fortissima.

---

<sup>1</sup> Nella provincia di Agrigento gli invasi del Fanaco, Piano del Leone e Lago Castello sono prevalentemente destinati agli usi idropotabili. I lavori di completamento della diga di Blufi, la cui costruzione è interrotta da alcuni anni, sono recentemente ripresi

L'agricoltura utilizza in parte le acque del fiume Salso, prelevando abusivamente lungo il suo percorso. Pozzi artesiani nella piana di Licata ad una profondità di circa 20-40 m forniscono un'acqua con pessime caratteristiche chimiche, per la presenza di ferro idrossido e di sodio cloruro, quest'ultimo ad una concentrazione di circa 4-6 g/L.

Una fase di sedimentazione in vasche come quella della foto 2, seguita da un processo di ossidazione, di chiarificazione con lapillo di cava e di osmosi inversa, consente ad alcuni agricoltori di far fronte alle loro esigenze irrigue.

Le acque primarie disponibili sul territorio di Licata, su cui si possono effettuare processi di depurazione sono:

1. Il mare
2. Il fiume Salso
3. Le acque reflue del depuratore civile
4. I pozzi artesiani

**Foto 2. Vasca di sedimentazione dell'acqua estratta da un pozzo per uso agricolo**



## **6. 2. Necessità idriche per lo sviluppo socio economico**

Le necessità idriche sono state valutate per gli usi primari nel territorio di Licata, in particolare per uso potabile ed agricolo, a partire dalle caratteristiche del territorio considerato (piana di Licata ed insediamento urbano).

Gli abitanti di Licata sono circa 40.000, ma nel periodo estivo diventano circa 60.000 per il rientro degli emigrati e per la presenza turistica.

Proprio nel periodo estivo le disponibilità idriche tradizionali si riducono ai livelli minimi.

Per assicurare almeno a 40.000 abitanti una quota pro capite di circa 200 litri/giorno (media del consumo idrico civile in Italia), è necessario disporre di 8.000 m<sup>3</sup>/giorno.

Il fabbisogno idrico per fini irrigui è stimato in base ai dati forniti dal locale ufficio dell'Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste sulla base dell'estensione delle colture attuali nella piana di Licata e del fabbisogno idrico medio delle varie colture (tabella 1).

**Tabella 1. Fabbisogno idrico per fini irrigui di diverse colture**

<b>Principali colture agricole locali</b>	<b>Superficie di colture (ha)</b>	<b>Fabbisogno idrico specifico (m<sup>3</sup>/ha anno)</b>	<b>Fabbisogno totale (m<sup>3</sup>/anno)</b>
Serre a tunnel per la produzione di meloni e ortaggi	1.200	5.000	6.000.000
Carciofi	800	1.500	1.200.000
Produzioni orticole	700	1.500	1.050.000
Vigneti	1.000	1.500	1.500.000
Uliveti	1.000	1.000	1.000.000
Fabbisogno idrico totale			10.750.000

Sono necessari almeno 30.000 m<sup>3</sup>/giorno di acqua per scopi irrigui.

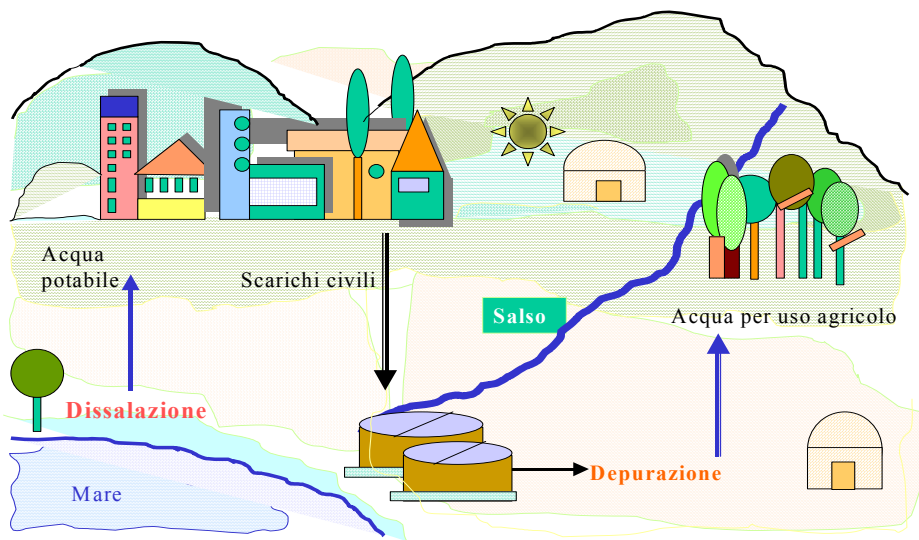


**Foto 3. Serre a tunnel nella piana di Licata**



Sulla base di una ricognizione territoriale e di uno studio eseguito presso la Provincia di Agrigento ed il Comune di Licata, è stato possibile formulare una proposta di un nuovo approvvigionamento idrico, recupero e gestione delle risorse idriche da destinare allo sviluppo socio economico del comprensorio. Lo schema di questa proposta è riportato in figura 2.

**Figura 2. Schema di approvvigionamento idrico per Licata**



Per soddisfare i fabbisogni civili si prevede di ricavare acqua potabile dalla dissalazione dell'acqua di mare perché è l'unica possibilità offerta dal sito, sia per le quantità necessarie, che per ragioni economiche ed igienico sanitarie.

Infatti, e' più costoso e meno sicuro dal punto di vista igienico produrre acqua potabile dai reflui civili o dallo stesso fiume Salso. Dai reflui è invece più logico ed economico produrre acque a scopi agricoli, previa opportuna depurazione. Per l'uso irriguo si propone di recuperare acque di scarico

dal depuratore civile di Licata e dal fiume Salso. La stima delle necessità idriche del Comune di Licata è di:

- circa 8.000 m<sup>3</sup>/giorno per usi civili (acqua potabile)
- circa 30.000 m<sup>3</sup>/giorno per scopi agricoli

Si propone di ricavare 10.500 m<sup>3</sup>/giorno dalla dissalazione dell'acqua di mare, in modo da soddisfare le esigenze civili, con un esubero di circa 2.500 m<sup>3</sup>/giorno.

Il fabbisogno attuale stimato dell'agricoltura può essere solo parzialmente soddisfatto facendo ricorso a fonti non convenzionali. Si prevede che a regime sia possibile soddisfare solo un terzo dell'attuale richiesta ottimizzando il riuso dei reflui urbani e le acque del Salso. Per l'agricoltura si prevede di recuperare circa 2.800 m<sup>3</sup>/giorno dal depuratore e dal Salso, a cui si aggiungono i 2.500 m<sup>3</sup>/giorno in esubero dal dissalatore. A regime, cioè quando sarà aumentata l'acqua per usi civili, crescerà conseguentemente la quantità sversata nel depuratore, quindi si potrà contare su circa 12.500 m<sup>3</sup>/giorno. La diga del Gibbesi con la sua futura capacità di invaso di 8 Mm<sup>3</sup> potrebbe aumentare la disponibilità idrica per l'agricoltura.

### **6.3. Processo di depurazione e riutilizzo delle acque reflue a scopi agricoli**

L'impianto a fanghi attivi sversa in mare un volume di circa 1.000 m<sup>3</sup>/giorno di acque biologicamente depurate.

Queste acque hanno una composizione chimica piuttosto compatibile per un possibile uso agricolo (COD=120 ppm), con tracce di metalli pesanti, ma con un contenuto elevato di cloruri, ed una presenza di flora batterica. L'impiego di queste acque in agricoltura richiede un trattamento depurativo ad hoc. Il completamento imminente dell'allacciamento in fogna del settore occidentale della città dovrebbe rendere disponibili altri 1.000 m<sup>3</sup>/giorno, portando quindi la produzione complessiva intorno ai 2.000 m<sup>3</sup>/giorno. Ora, non tutte le abitazioni di Licata sono collegate con la rete fognaria, ma impiegano pozzi a dispersione.

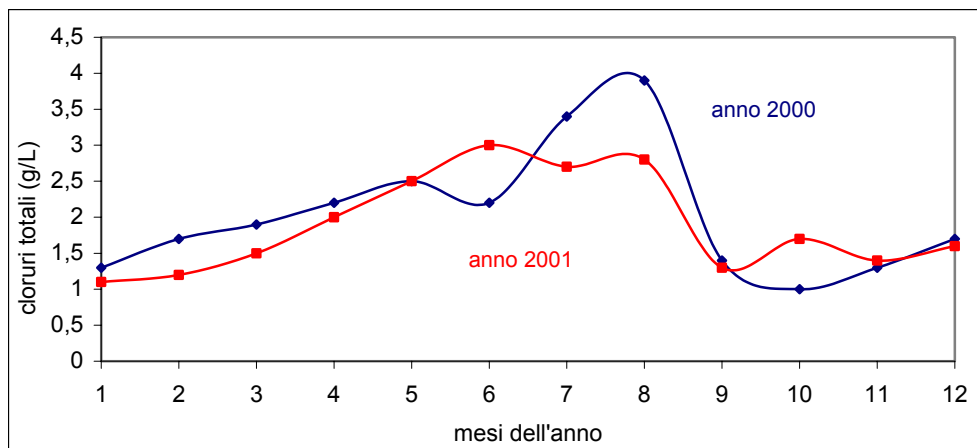
#### **Foto 4. Le acque quasi stagnanti del fiume Salso in prossimità della foce**



Questi scarichi non arrivano attualmente al depuratore, ma è previsto un graduale allacciamento alla rete fognaria. Il Salso ha una portata variabile nel corso dell'anno ma è ragionevole valutare una portata minima intorno ai 1.800 m<sup>3</sup>/giorno. A causa dei prelievi illegali effettuati nella piana di Licata tale portata è molto difficile da valutare.

Anche la composizione chimica dell'acqua del fiume Salso oscilla fortemente in funzione della stagione, con una concentrazione di cloruri che varia in un intervallo compreso fra 1 e 4 g/L, come si osserva dal grafico di figura 3.

**Figura 3. composizione mensile delle acque del Salso negli anni 2000 e 2001**



Le acque del Salso hanno un contenuto salino (NaCl) medio annuale di circa 2,5 g/L. La salinità è più alta in estate, quando piove di meno, e più bassa in inverno quando piove di più. Attualmente le acque del Salso vengono comunque impiegate per l'agricoltura, con effetti dannosi per le colture e per la salinità dei suoli che tende a salire. Qualora sia resa disponibile acqua di migliore qualità per l'agricoltura, gli emungimenti illegali sul letto del fiume dovrebbero cessare o ridursi. Il fiume, in prossimità della foce è contaminato da scarichi organici (fognature abusive), il che richiede un primo processo di depurazione biologica.

La foto 5 mostra le acque reflue dall'impianto, quelle che si prevede di trattare con microfiltrazione (MF) ed OI, per renderle idonee all'agricoltura.

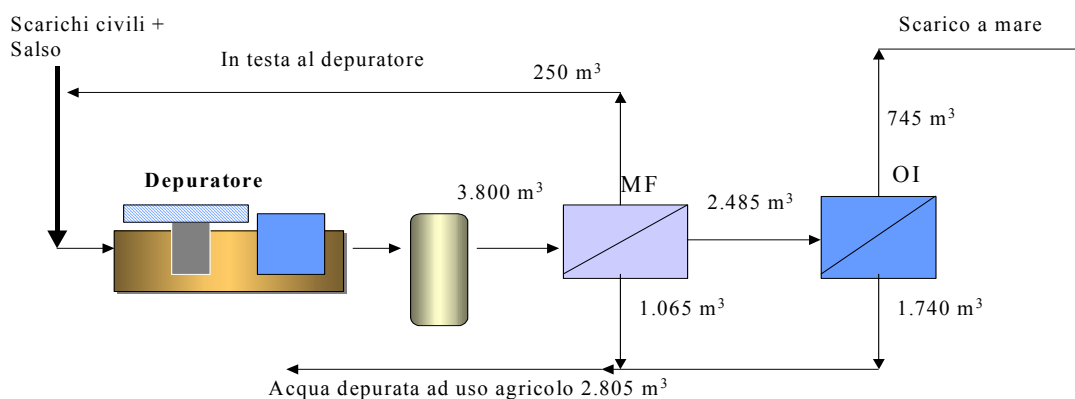
**Foto 5. Le acque reflue del depuratore di Licata scaricate in mare**



Si prevede d'inviare al depuratore di Licata anche le acque del Salso, in prossimità della foce, che si trova a circa 100 metri dal depuratore di Licata. In questo modo è ragionevole attendersi un flusso medio di acqua da depurare dell'ordine di 3.800 m<sup>3</sup>/giorno. Il depuratore ha una capacità di trattamento di 10.000 m<sup>3</sup>/giorno.

Sulla base della composizione chimica e microbiologica di queste acque reflue e di quelle del Salso, si propone il seguente schema di post trattamento al fine di bonificare le acque stesse e renderle perfettamente compatibili con l'impiego agricolo (figura 4).

**Figura 4. Schema di processo del trattamento di acque reflue per uso agricolo**



L'acqua depurata dal biologico entra in un sedimentatore, quindi viene inviata ad un sistema di microfiltrazione con membrane ceramiche con taglio molecolare di  $0,2 \mu\text{m}$ . Il sistema a membrana sarà dotato di un prefiltro meccanico da  $10 \mu\text{m}$ . Il 30% dell'acqua permeata in MF verrà immessa in una vasca di miscelazione da  $5 \text{ m}^3$ . Il restante 70% del microfiltrato entra in osmosi inversa (OI) a bassa pressione (10-15 bar). Il 70% dell'acqua che entra in OI viene recuperata come permeato e miscelata con la precedente acqua microfiltrata nella vasca di miscelazione. Il permeato di OI avrà un contenuto di cloruri di circa  $0,02 \text{ g/L}$  ed andrà a diluire la concentrazione del microfiltrato, in cui i cloruri saranno circa  $1,36 \text{ g/L}$ . Dal mescolamento indicato si otterrà un'acqua con un contenuto di cloruri di circa  $0,5 \text{ g/L}$ , quindi compatibile con un uso agricolo. Il limite previsto per lo sversamento in acque superficiali (legge 152/99) è di  $1,2 \text{ g/L}$ . La quantità d'acqua recuperata per l'agricoltura sarà di circa  $1.065 \text{ m}^3/\text{giorno}$  del microfiltrato e di  $1.740 \text{ m}^3/\text{giorno}$  del permeato di OI (in totale  $2.805 \text{ m}^3/\text{giorno}$ ). Circa  $745 \text{ m}^3/\text{giorno}$  saranno rigettati in mare come retentato di OI, rispetto agli attuali  $2.000 \text{ m}^3/\text{giorno}$ . Lo schema di processo elaborato si caratterizza per una notevole versatilità operativa, necessaria a compensare le variazioni di composizione salina del Salso e del depuratore nel corso dell'anno. Esso consente di modificare le proporzioni di acqua trattata nelle due sezioni a membrana (MF e OI), anche in funzione delle portate stagionali del Salso e di quelle del depuratore. La quota del 30% d'acqua microfiltrata che viene reimessa nelle condotte ad uso agricolo serve a fornire un contenuto di nutrienti chimici per il terreno, che tuttavia devono essere bilanciati dalla presenza di cloruri. Con la rimozione totale dei cloruri (processo di OI) si riducono anche i nutrienti contenuti nelle acque, quindi è stato formulato un ragionevole equilibrio fra cloruri e nutrienti, come indica la tabella 2.

**Tabella 2. Composizione prevista dell'acqua dopo il trattamento di MF e di OI**

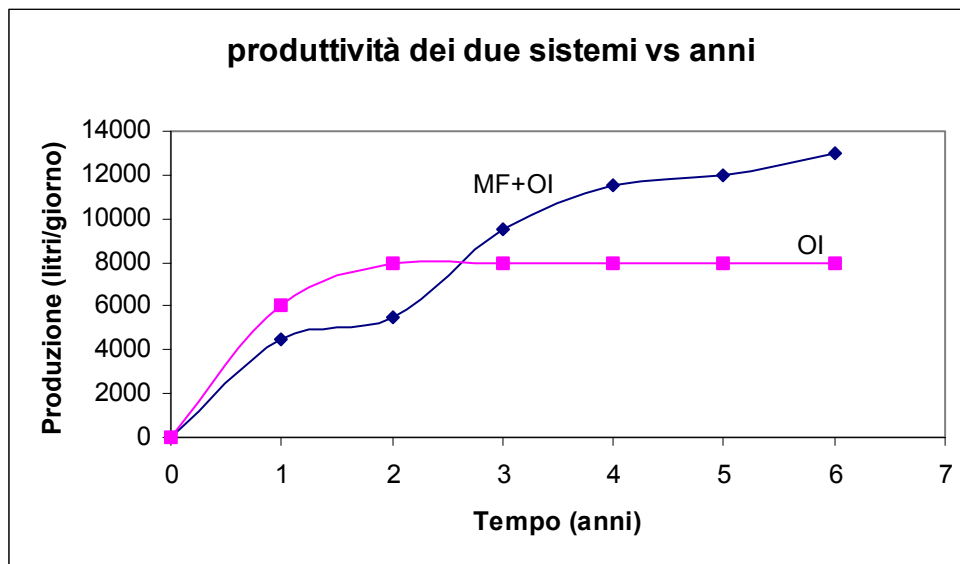
Analita	Concentrazioni (ppm)
Solidi sospesi	zero

COD	50
Nitrati	2,2
Nitriti	0,1
Ammoniaca	0,9
Cloruri	50
Fosfati (P)	2,2
Batteri	assenti
Virus	assenti

E' interessante valutare quale sarà la produttività dei due sistemi in funzione del tempo, considerando il tempo zero quello che coincide con l'inizio di costruzione degli impianti che richiede almeno 1 anno per la loro completa posa in opera.

La figura 5 riporta la produttività di acqua per uso agricolo e potabile.

**Figura 5. Produttività, a regime dei due impianti**



Dal grafico appare che, a partire dal 4° anno dall'inizio della costruzione degli impianti, la disponibilità di acqua per usi irrigui si attesta intorno ai 12.500 m<sup>3</sup>/giorno.

L'impianto sarà realizzato con membrane ceramiche di nuova generazione. Queste membrane hanno permeabilità di molto superiori a quelle polimeriche, permettono una facile procedura di lavaggio e di sterilizzazione dell'impianto poiché tale materiale sopporta agevolmente soluzioni chimiche aggressive come acido nitrico e soda. Tali membrane hanno una vita media di circa 10 anni, in confronto con le polimeriche che è di 2-4 anni. Il Costo dell'impianto di microfiltrazione è stimabile in 1.000.000 €.

Dopo il processo di microfiltrazione le acque vengono trattate dall'impianto di osmosi inversa a bassa pressione. Tale impianto ha un costo indicativo di circa 500.000 €.

#### **6.4 Processo di dissalazione acqua-mare per uso potabile**

L'impianto di dissalazione ad osmosi inversa dovrà essere installato in prossimità del mare, verosimilmente nella zona est dell'insediamento urbano di Licata.

L'impianto dovrà essere collocato ad almeno 800 m di distanza dal depuratore civile, per ragioni di sicurezza igienico sanitaria.

L'impianto di OI sarà dimensionato per produrre 10.500 m<sup>3</sup>/giorno di acqua potabile, operando 24 ore/24. La portata di permeato ottenuta sarà di 437 m<sup>3</sup>/h.

L'impianto verrà alimentato preferibilmente con presa da pozzo in prossimità della riva, che offre il vantaggio di fornire un'acqua meno carica di solidi sospesi e sedimentabili. Si cerca di evitare una presa a mare, che comporta costi elevati per l'installazione, in particolare dei sistemi di aspirazione e di prefiltrazione. La captazione in mare aperto comporta la costruzione di una vasca intermedia ed un gruppo di spinta alla prefiltrazione, con maggiori potenze installate che andranno ad incidere sul costo al m<sup>3</sup> di acqua dissalata.

L'impianto sarà dotato di recuperatore di energia installato sul concentrato dell'osmosi.

L'impianto di OI sarà costituito da 7 linee di moduli a membrana in parallelo e indipendenti di pari potenzialità (1500 m<sup>3</sup>/giorno cad.). Tale modularità offre una serie di vantaggi operativi che permettono una più facile manutenzione, lavaggi e sostituzione dei moduli, ed assicurano una maggiore continuità produttiva di tutto l'impianto. Il consumo energetico per la produzione di 1 m<sup>3</sup> d'acqua potabile è di circa 3,1 kWh/m<sup>3</sup>, equivalente a circa 0,24 €/m<sup>3</sup> (considerando il costo del kWh =0,077 €).

Ogni linea sarà equipaggiata con 144 moduli a membrana, equivalente ad una superficie filtrante di circa 3.670 m<sup>2</sup>.

Complessivamente l'impianto di OI richiede 1.008 moduli per un totale di circa 25.700 m<sup>2</sup> di membrana.

L'impianto ha una resa produttiva di circa il 38 %, cioè il 38 % dell'acqua prelevata dal mare è trasformata in acqua potabile, mentre il rimanente 62 % è rigettato in mare.

L'acqua dissalata (permeato) deve essere stoccata in un serbatoio di adeguata capacità e il concentrato sarà scaricato a mare.

L'intero impianto è controllato e gestito dal quadro elettrico generale, la gestione e l'automazione del processo è semplice perfettamente funzionale.

Il costo complessivo del solo impianto di osmosi inversa è stimabile in 5,6 milioni di €;

## 7. Valutazioni tecnico-economiche

Per la rigenerazione delle acque, di mare o di quelle reflue è necessario un investimento economico che si ricava sommando i costi delle tre unità funzionali (MF+OI; + OI acqua-mare), che sono rispettivamente di :1,0 milione di €; 500.000 €; 5,6 milioni di €; per un totale 7,1 milioni di €.

Per la dissalazione dell'acqua di mare, la struttura del costo di produzione dell'acqua potabile dipende dalle singole voci di costo, come indicato nella tabella 3.

**Tabella 3. Voci di costo per l'impianto acqua-mare**

Voci di costo	Uso Potabile
<b>Ammortamento</b>	<b>23÷30%</b>
<b>Consumi energetici</b>	<b>24÷26%</b>
<b>Prodotti chimici</b>	<b>18-20 %</b>
<b>Sostituzione membrane</b>	<b>5÷7%</b>
<b>Manodopera</b>	<b>7÷8%</b>
<b>Manutenzione</b>	<b>7÷8%</b>
<b>Pretrattamento acqua</b>	<b>4÷8%</b>
<b>Altro</b>	<b>2-3%</b>

La voce di ammortamento (pay back) degli impianti è calcolata in 10 anni. Tale costo potrebbe essere zero se l'impianto fosse acquistato dalla pubblica amministrazione (Comune, Provincia, Regione).

Il consumo energetico, cioè il costo dell'energia (elettrica) è il fattore che, insieme al costo dei prodotti chimici, influenza il costo di produzione dell'acqua potabile.

Nella tabella 4, si riporta il costo complessivo per la produzione delle due tipologie di acqua, in funzione di due valori di costo dell'energia elettrica (kW).

Nell'ultima colonna della tabella 4 si riporta anche il prezzo dell'acqua prodotta nelle due tipologie, ottenuto applicando un fattore di profitto del 20 %.

**Table 4. Total water costs and water prices as function of waste and sea water**

Feed water	Energy consumption (kWh/m <sup>3</sup> )	End user	Energetic cost (€/m <sup>3</sup> )	Total costs (€/m <sup>3</sup> )	Water price (€/m <sup>3</sup> )
Cleaner + Salso river	2,5 (MF +OI)	Agriculture	0,130*	0,169	0,202
			0,257**	0,334	0,400
Sea water	3,1 (OI 65 bar)	Municipal	0,161*	0,644	0,837
			0,319**	1,276	1,658

Energy costs ( kWh): \*0,052€; \*\*0,103€

Nell'ipotesi più sfavorevole di costo (kW =0,103 €), il prezzo dell'acqua per uso agricolo si attesta intorno a 0,400 €/m<sup>3</sup>, mentre quello dell'acqua potabile intorno a 1,66 €/m<sup>3</sup>. Sono prezzi sicuramente importanti ma comprendono tutte le voci di costo ed il profitto.

Il prezzo dell'acqua potabile di rete a Berlino è di 4,2 €/m<sup>3</sup>., a Bruxelles di 1,8 €/m<sup>3</sup> ed a Roma di 0,7 €/m<sup>3</sup>

Il prezzo libero dell'acqua per uso agricolo (medio 0,3 €/m<sup>3</sup>) è già buono per l'economia agricola di Licata, che si caratterizza per produzioni orticole in serra, soprattutto primizie stagionali, che assicurano al produttore un ritorno economico interessante.

## 8. Conclusioni

L'attuale stato di emergenza idrica nella Piana di Licata sta provocando ingenti danni all'ambiente ed alle attività produttive. La siccità sta soffocando l'economia della zona che è principalmente legata alle attività agricole e minaccia la desertificazione del territorio a causa dell'alto contenuto di sodio cloruro presente nei pozzi artesiani e nelle acque del fiume Salso.

Anche i tentativi di molti agricoltori di sopperire alla siccità ed alla salinità del terreno, con coltivazioni fuori suolo, non hanno prodotto effetti incoraggianti.

D'altro canto, vista la forte insolazione del territorio considerato, l'acqua sarebbe necessaria per rilanciare l'agricoltura locale e quindi l'economia della provincia di Agrigento.

Le uniche fonti idriche disponibili per l'agricoltura sono le acque reflue e quelle del Salso, previo intervento mirato di depurazione, come indicato in questo progetto.

Attualmente (Settembre 2002) l'acqua potabile nelle abitazioni civili è disponibile in media 2 ore/giorno per 2 giorni a settimana. Questa situazione in Sicilia è comune a molte altre zone costiere ed interne, dove l'approvvigionamento idrico risulta ancora più sporadico che non a Licata.

Il senso della proposta presentata per il Comune di Licata è quello di ridurre i gravi disagi attuali, anche nella prospettiva di un nuovo scenario climatico, in cui gli invasi che sinora hanno assicurato la quantità di acqua minima vitale non siano più in grado di assicurare le riserve necessarie.

E' utile ricordare che il dissalatore di Gela e la sua rete di distribuzione garantiscono circa il 70% dei fabbisogni del bacino di utenza servito. L'autosufficienza idrica di Licata renderebbe disponibili altre risorse attuali, almeno 1.500 m<sup>3</sup>/giorno di acqua potabile, provenienti dal dissalatore di Gela.

Questa risorsa potrà essere dirottata su altri comuni, ed in particolare su quelli dell'interno non bagnati dal mare.

Il riutilizzo delle acque reflue oltre a fornire un contributo importante per l'agricoltura (2.805 m<sup>3</sup>/giorno subito, a regime 10.000 m<sup>3</sup>/giorno) ha il vantaggio ambientale di ridurre fortemente lo scarico inquinante che attualmente viene riversato in mare.

I presupposti e le indicazioni strategiche che lo studio si era prefisso sono stati raggiunti, in particolare:

- Assicurare un livello di approvvigionamento idrico per i fabbisogni civili indipendentemente dalla piovosità.
- Depurare i reflui civili e le acque del fiume Salso ai fini di un riutilizzo irriguo.
- Combattere la desertificazione attraverso la fornitura di acqua per uso agricolo con tenori salini compatibili con l'uso agricolo.
- Fornire l'auto sufficienza idrica al Comune di Licata per il suo sviluppo socio economico e rendere disponibili nuovi lotti idrici per il territorio, attualmente prelevati dal dissalatore di Gela o da acquedotti locali.
- Ridurre l'impatto ambientale dovuto allo scarico in mare delle acque reflue di depurazione e del Salso, con uno scarico a mare ridotto in volume e bonificato sotto il profilo igienico-sanitario (assenza di microrganismi).
- Indicare le specifiche tecniche e i costi orientativi dei vari impianti di trattamento delle acque, per evitare speculazioni economiche di ogni tipo.
- Indicare i costi di trattamento delle due tipologie di acque primarie, ed anche i prezzi delle stesse, nel caso di iniziativa privata (acquistare, gestire e distribuire le acque).

## 9. References

- 1) M. Pizzichini, G. Braccio, A. Bozzini; Le Tecnologie di membrana per la dissalazione dell'acqua di mare e la gestione della risorsa idrica. ENEA, Energia Ambiente Innovazione n.2 (2001).
- 2) Bozzini, A. Pizzichini M. La risorsa idrica come fattore di sviluppo; L'informatore Agrario 6, 28-30 (2001).
- 3) Mulder, M. Basic principles of membrane technology; Ed. Kluwer Acad. Publishers (1991)
- 4) Hussain, G., A.J. Al-Saati.1999. Wastewater quality and its reuse in agriculture in Saudi Arabia; Desalination 123, 241-251
- 5) M. Pizzichini, C. Russo, Confronto fra le tecnologie di dissalazione dell'acqua di mare, Acqua & Aria N° 4, pp.7783 (2002).
- 6) Peters, T.A.; Desalination of seawaters and brackish water with reverse osmosis and the disk tube module DT; Desalination 123, 149-155 (1999)
- 7) Kremen, S., M. Wilf., P. Lance.1991. Operating results and economics of single stage and two stage large size sea water Reverse Osmosis Systems; Desalination, 82, 15-30
- 8) Hamed, O,A, Al-Sofi, M.,A.,K., Mustafa, G., M.; The performance of different anti-scalants in multi-stage flash distillers; Desalination 123, 185-194 (1999)
- 9) C. Harris; Energy recovery for membrane desalination; Desalination, 125, 173-180 (1999).
- 10) Al-Sahlawi, M., A.; Seawater desalination in Saudi Arabia: economic review and demand projections; Deasalination 123, 143-147 (1999)
- 11) M. Pizzichini, R. Montani, C. Russo, ENEA RT/INN/2001/5 (2001).
- 12) M. Pizzichini, C. Fabiani, R. Montani, M. Rosi, F. Ruscio, M. Spadoni, "Tecnologie per ridurre l'impatto ambientale dell'industria conciaria", ENEA REPORT Energia Ambiente Innovazione, 5/97, 47 (1997).
- 13) C.Fabiani,F.Ruscio, M.Spadoni and M.Pizzichini; Chromium (III) salts recovery process from tannery wastewaters; Desalination, 108, 183-191 (1996)
- 14) Fabiani C. Pizzichini M, Spadoni M. Zeddità G. Ruscio F.; Sericin and water reuse by means of a hybrid membrane process; 7th World Filtration Congress, Budapest May (1996)



- 15) M. Pizzichini, M. Spadoni, A. Senatore, “Le tecnologie di membrana nel trattamento finale delle acque di depurazione”, ENEA REPORT Energia Ambiente Innovazione, 2/98, 48-62.(1998)